

УДК 678.023.2+678.053.2

І.О. Мікульонок, Н.В. Мурдід, Д.М. Швед,  
М.П. Швед

## КАСКАДНИЙ ДИСКОВО-ШЕСТЕРЕННИЙ ЕКСТРУДЕР ДЛЯ ПЕРЕРОБКИ ПОЛІМЕР- НИХ МАТЕРІАЛІВ

### Вступ

У хімічному машинобудуванні значна увага приділяється створенню економічних високо-продуктивних машин для переробки полімерів і пластичних мас, а також покращенню якості одержуваної продукції [1–9]. Особливого значення ці питання набувають під час переробки механотермочутливих полімерних матеріалів, до яких насамперед належить вторинна сировина.

Досить ефективними при цьому можуть стати модифіковані дискові екструдери, які відрізняються високим змішувальним ефектом і відносно низькою енергоємністю [10–13]. Вони також характеризуються незначним часом перебування матеріалу в зоні переробки істотними швидкостями зсуву, легкістю забезпечення економічного адіабатичного режиму процесу екструзії та ефективною переробкою вихідної сировини майже довільного виду: гранул, стрічки, плівки, частинок, отриманих після подрібнення або агломерування тощо.

Основні недоліки дискових екструдерів — пульсація розплаву та його незначний тиск на виході, що часто не дає можливості продавлювати матеріал крізь формувальний інструмент, а також одержувати продукцію високої якості. Прагнення дослідників і конструкторів усунути зазначені недоліки привело до створення комбінованих дискових екструдерів, з усієї різноманітності конструктивних рішень яких найбільш прийнятним є комбінація послідовно сполучених між собою дискового екструдера та шестеренного насоса [6]. Такий каскадний дисково-шестеренний екструдер характеризується високою якістю підготовки розплаву, точністю його дозування та можливістю забезпечення значного тиску, достатнього для продавлювання високогомогенізованого розплаву крізь довільний формувальний інструмент.

### Постановка задачі

Мета досліджень — розробка і відпрацювання конструкції дисково-шестеренного екст-

рудера, а також експериментальна перевірка ефективності його роботи.

### Опис експериментальної установки

Розроблений каскадний дисково-шестеренний екструдер (рис. 1) містить такі основні елементи: шнековий дозатор 4, безпосередньо дисковий екструдер 7 і спеціально розроблений з коригованим зачепленням шестерень нагнітальний дозувальний шестеренний насос 10.

Особливістю розробленого екструдера є те, що всі три його основні елементи оснащені приводами 2, 5, 8 з можливістю безступінчастого регулювання частоти обертання їх робочих органів, а також встановлення між дисковим екструдером і шестеренним насосом компенсатора 1, який має зворотній зв'язок з приводом дозатора та узгоджує продуктивність дозатора і шестеренного насоса.

Перероблювана полімерна сировина з бункера 3 дозується в завантажувальну горловину 6 дискового розплавлювача-гомогенізатора, де вона захоплюється багатозахідною гвинтовою нарізкою завантажувально-пластикувальної зони диска, розігрівается за рахунок енергії дисипації і у вигляді напіврозплаву надходить у торцевий робочий зазор 9, де завершується плавлення полімеру і гомогенізація розплаву. Під дією створюваного в шестеренному насосі 10 вакууму, а також тиску, що забезпечується спорядженою нарізкою завантажувально-пластикувальною зоною диска та ефектом Вайссенберга в торцевому робочому зазорі, розплав заповнює міжзубні западини шестерень, які під час обертання забезпечують сталу продуктивність і тиск розплаву, необхідний для його проходження крізь формувальний інструмент 11.

У найбільш поширених одночерв'ячних екструдерах масова продуктивність і якість розплаву залежать від узгодженої роботи зон подавання, плавлення та гомогенізації, яка забезпечується необхідною геометрією зон черв'яка та температурним режимом і часто порушується в результаті зміни типу перероблюваної сировини, її насипної густини або опору формувального інструменту. У цьому випадку необхідно встановлювати черв'як з відповідною геометрією або істотно знижувати продуктивність екструдера.

Цих недоліків можна уникнути в разі застосування зазначеного каскадного дисково-шестеренного екструдера, в якому перебіг процесів подавання сировини, її плавлення і гомо-

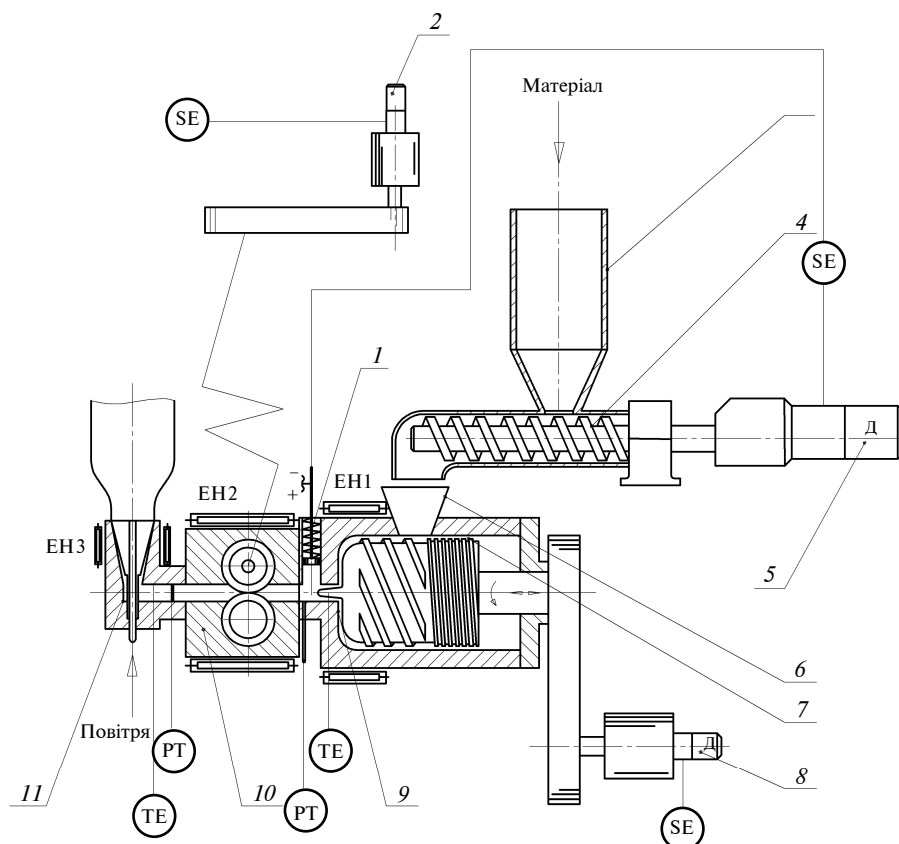


Рис. 1. Схема каскадного дисково-шестеренного екструдера: 1 – компенсатор; 2, 5, 8 – приводи обертових органів екструдера; 3 – бункер; 4 – шнековий дозатор; 6 – завантажувальна горловина; 7 – дисковий екструдер; 9 – торцевий робочий зазор дискового екструдера; 10 – шестеренний насос; 11 – формувальний інструмент; ЕН1, ЕН2, ЕН3 – нагрівники відповідно дискового екструдера, шестеренного насоса і формувального інструмента

Таблиця. Технічні параметри каскадного дисково-шестеренного екструдера

Найменування параметра	Показник
Перероблюваний матеріал	Поліетилен марки 15803-020
Максимальна масова продуктивність у складі лінії для виробництва рукавної плівки, кг/год	40
Діаметр шнека дозатора, мм	50
Частота обертання шнека дозатора, об/хв	0–50
Діаметр диска, мм	150
Частота обертання диска, об/хв	22,5–225,0
Діапазон регулювання робочого зазору, мм	0,5–5,0
Кількість шестерень насоса	2
Модуль зачеплення, мм	2,25
Кількість зубів	20
Ширина зуба, мм	32
Частота обертання шестерень, об/хв	0–45
Опір формувальної головки, МПа	15–25
Встановлена потужність, кВт:	
шнекового дозатора	0,8
дискового екструдера	7,5
шестеренного насоса	2,2
електричних нагрівників	3,5

генізації одержуваного розплаву можна регулювати незалежно один від одного. Крім того, дозування розплаву за допомогою шестеренного насоса також суттєво розширює технологічні можливості каскадного екструдера.

Продуктивність розробленого екструдера залежить від параметрів шестеренного насоса, а якість розплаву – від дискового розплавлявача-гомогенізатора і в разі потреби може бути відкоригована частотою обертання диска, величиною робочого зазору або їх комбінацією.

Основні параметри розробленого екструдера наведено в таблиці.

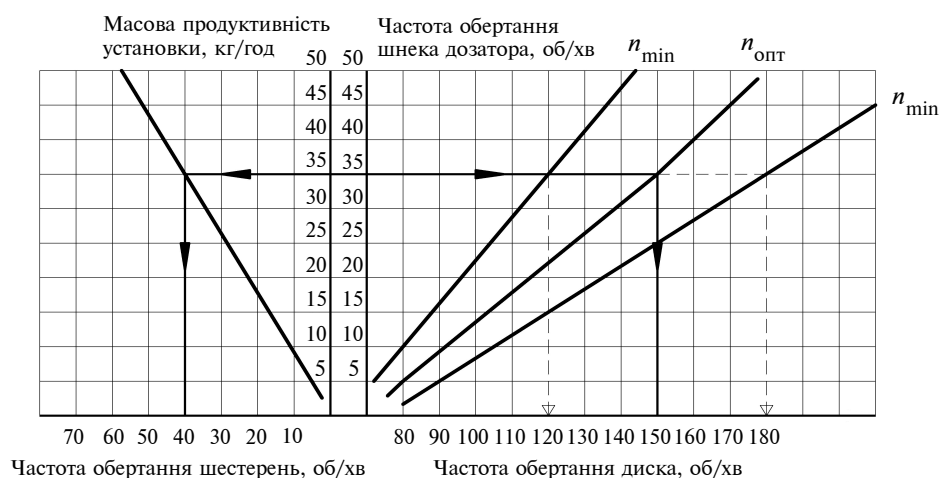


Рис. 2. Номограма для визначення режиму роботи дисково-шестеренного екструдера під час переробки поліетилену марки 15803-020:  $n_{\max}$ ,  $n_{\text{опт}}$ ,  $n_{\min}$  — максимальна, оптимальна і мінімальна частоти обертання диска, об/хв

### Аналіз отриманих результатів

Під час проведення попередніх досліджень екструдера у складі лінії для виробництва рукавної плівки ЛРП-600 при зміні частоти обертання робочих органів дозатора, дискового екструдера і шестеренного насоса було досягнуто стабільних технологічних режимів переробки поліетилену високого тиску марки 15803-020 (рис. 2).

З рис. 2 видно, що при заданій масовій продуктивності екструзійної установки, наприклад 35 кг/год, мають бути встановлені такі частоти обертання (об/хв): шнековий дозатор — 35, дисковий екструдер — 150, шестеренний насос — 40. Величина робочого зазору при цьому має становити 2,5 мм. У разі необхідності частоти обертання диска можна змінювати від 120 до 180 об/хв, а робочий зазор — від 0,5 до 5,0 мм при незмінній масовій продуктивності екструдера.

Попередні дослідження розробленого екструдера у складі лінії для грануляції поліетилену, поліпропілену, полістиролу і поліаміду, а також полімерних композицій на їх основі з додаванням пігментів, барвників, скловолокна, тирси та інших наповнювачів показали, що високий ступінь однорідності композицій може бути досягнутий за значно менших питомих енергетичних витрат, ніж під час використання традиційних черв'ячних екструдерів з робочими органами, спорядженими складними змішувальними елементами.

### Висновки

Аналіз отриманих зразків плівки показав, що вони відповідають вимогам відповідної нормативної документації, при цьому товщина плівки при продуктивності 35 кг/год може становити 8–10 мкм, у той час плівка, одержана на цій самій лінії, але укомплектована черв'ячним екструдером ЧП45×25, має товщину не менше 25–30 мкм при вищих на 15–20 % питомих енерговитратах.

Беручи до уваги ефективність запропонованого технічного рішення, в подальшому плануємо дослідити розроблений каскадний дисково-шестеренний екструдер для перероблення інших полімерів і пластмас на їх основі.

И.О. Микулёнок, Н.В. Мурдид, Д.Н. Швед,  
Н.П. Швед

КАСКАДНЫЙ ДИСКОВО-ШЕСТЕРЕННЫЙ ЭКСТРУДЕР ДЛЯ ПЕРЕРАБОТКИ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Рассмотрены экспериментальные исследования разработанного каскадного экструдера с дисковым расплавителем-гомогенизатором и нагнетателем расплава в виде шестеренного насоса. Результаты исследований процесса переработки полиэтилена высокого давления марки 15803-020 представлены в виде номограммы для определения режима работы экструдера.

I.O. Mikulionok, N.V. Murdid, D.M. Shved,  
M.P. Shved

CASCADE DISC-GEAR-TYPE EXTRUDER FOR PROCESSING POLYMERIC MATERIALS

We consider the research of the cascade extruder with a disk melter-gomogenizer and a melt supercharger in the form of the gear-type pump. We also present our research results of processing high pressure polythene of grade 15803-020 in the form of nomogram aimed at determining the extruder's operating mode.

1. *Техника переработки пластмасс* / Под ред. Н.И. Басова и В.М. Броя. — М.: Химия, 1985. — 528 с.
2. *Лукач Ю.Ю., Мікульонок І.О., Рябцев Г.Л., Сезонов М.В.* Обладнання для одержання і формування полімерних композиційних матеріалів / Хім. промисловість України. — 2001. — № 6. — С. 55–61.
3. *Основы технологии переработки пластмасс: Учебник для вузов* / С.В. Власов, Э.Л. Калинин, Л.Б. Кандырин и др.; Под ред. В.Н. Кулезнева и В.К. Гусева. — М.: Химия, 2004. — 596 с.
4. *Ким В. С.* Теория и практика экструзии полимеров. — М.: Химия, Колос, 2005. — 568 с.
5. *Володин В. П.* Экструзия профильных изделий из термопластов. — СПб.: Профессия, 2005. — 480 с.
6. *Мікульонок І.О., Радченко Л.Б.* Переробка вторинної сировини екструзією. — К.: ІВЦ “Видавництво «Політехніка»”, 2006. — 184 с.
7. *Переработка полимерных композиционных материалов: Учеб. пособие для вузов* / В.А. Пахаренко, Р.А. Яковлева, А.В. Пахаренко. — К.: Воля, 2006. — 552 с.
8. *Раувендааль К.* Экструзия полимеров / Пер. с англ. под ред. А. Я. Малкина. — СПб. : Профессия, 2006. — 768 с.
9. *Вторичная переработка пластмасс* / Ф. Ла Мантия (ред.); Пер. с англ. под ред. Г. Е. Заикова. — СПб.: Профессия, 2007. — 400 с.
10. *Остапчук Ю.Г., Язловицкий М.Л., Бачинский К.К. и др.* Дисковые экструдеры. — К.: Техніка, 1972. — 132 с.
11. *Лукач Ю.Ю., Мікульонок І.О., Сезонов М.В.* Дослідження шестеренчатого насоса як нагнітального пристрою дискового екструдера для переробки полімерних матеріалів // Наукові вісті НТУУ “КПІ”. — 2001. — № 3. — С. 136–139.
12. *Радченко Л.Б., Мікульонок І.О., Новік В.О.* Моделювання процесу дискової екструзії // Хім. промисловість України. — 2004. — № 6. — С. 49–56.
13. *Маракулін О.О., Мікульонок І.О., Швед М.П.* Дослідна установка на базі каскадного двощілинного черв’ячно-дискового екструдера // Там же. — 2008. — № 3. — С. 58–60.

Рекомендована Радою  
інженерно-хімічного факультету  
НТУУ “КПІ”

Надійшла до редакції  
13 квітня 2009 року